

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 04021757
PUBLICATION DATE : 24-01-92

APPLICATION DATE : 15-05-90
APPLICATION NUMBER : 02124382

APPLICANT : DAIDO STEEL CO LTD;

INVENTOR : NAMIKI KUNIO;

INT.CL. : C23C 8/20 C21D 7/06 C21D 9/32 C22C 38/00 C22C 38/22 F16H 55/06

TITLE : HIGH SURFACE PRESSURE GEAR

ABSTRACT : PURPOSE: To produce the gear having excellent surface pressure fatigue strength and dedendum fatigue strength by subjecting the teeth consisting of steel products contg. elements for improving hardening, improving machinability and forming finer crystal grains to a carburizing treatment and shot peening treatment.

CONSTITUTION: The steel which contains, by weight %, 0.10 to 0.30% C, 0.25 to 1.50% Si, 0.2 to 2.0% Mn, $\leq 0.015\%$ P, $\leq 0.020\%$ S, $\leq 2.0\%$ Cr, 0.2 to 1.0% Mo, 0.6 to 2.0% Si+Mo, 0.010 to 0.060% Al, 0.005 to 0.025% N, and $\leq 0.0015\%$ O, and contains Ni as the element for improving the hardenability, one or ≥ 2 kinds selected from Nb, V, Ta, and Zr as the elements for forming the finer crystal grains and B as the element for improving the machinability at need, and consists of the balance Fe and impurities is used as a blank material and the surface thereof subjected to the carburizing treatment by plasma carburizing or vacuum carburizing is subjected to the shot peening of $\geq 0.4\text{mmA}$ arc height.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平4-21757

⑤ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)1月24日

C 23 C 8/20
C 21 D 7/06
9/32
C 22 C 38/00
38/22
F 16 H 55/06

3 0 1 H

8116-4K
8116-4K
8015-4K
7047-4K
8012-3J

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全8頁)

⑭ 発明の名称 高面圧歯車

⑮ 特 願 平2-124382

⑯ 出 願 平2(1990)5月15日

⑰ 発 明 者 吉 田 誠 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社
内

⑰ 発 明 者 瓜 田 龍 実 愛知県東海市加木屋町南鹿持18 知多寮

⑰ 発 明 者 並 木 邦 夫 愛知県名古屋市守山区牛牧7-1 西城住宅2-310

⑰ 出 願 人 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

⑰ 出 願 人 大同特殊鋼株式会社 愛知県名古屋市中区錦1丁目11番18号

⑰ 代 理 人 弁理士 小 塩 豊

明 細 書

1. 発明の名称

高面圧歯車

2. 特許請求の範囲

(1) 重量%で、C: 0.10~0.30%、
Si: 0.25~1.50%、Mn: 0.2
~2.0%、P: 0.015%以下、S:
0.020%以下、Cr: 2.0%以下、Mo:
0.2~1.0%、Si+Mo: 0.6~2.0
%、Al: 0.010~0.060%、N:
0.005~0.025%、O: 0.0015%
以下、残部Feおよび不純物よりなる鋼を素材と
し、ブラズマ浸炭もしくは真空浸炭により浸炭処
理した表面にアークハイトが0.4mmA以上の
ショットピーニングが施されていることを特徴と
する高面圧歯車。

(2) 素材中に、焼入性向上元素として、Ni
: 4.0%以下を含有している請求項第(1)項
に記載の高面圧歯車。

(3) 素材中に、結晶粒微細化元素として、

Nb: 0.006~0.050%、V: 0.05
~0.30%、Ta: 0.003~0.025
%、Zr: 0.003~0.025%のうちから
選ばれる1種または2種以上を含有している請求
項第(1)項または第(2)項に記載の高面圧歯
車。

(4) 素材中に、被削性向上元素として、B:
0.001~0.030%を含有している請求項
第(1)項、第(2)項または第(3)項のいづ
れかに記載の高面圧歯車。

3. 発明の詳細な説明

【発明の目的】

(産業上の利用分野)

本発明は、各種機械装置類の構成要素として利
用され、とくに、ピッチング寿命等の面圧疲労強
度が高く、かつまた、歯元疲労強度が高く、強靱
で信頼性の高い高面圧歯車に関するものである。

(従来の技術)

近年、自動車においてその高出力化および軽量

化が進み、歯車類、シャフト類などの高強度化ならびに高信頼性の要求は年々強まっている。

これに伴い、とくに歯車類に適用される高強度歯車用鋼の開発が進んでおり、例えば、特開昭60-21539号公報に記載されているように、炭素層の靱性を劣化させる不完全焼入層である粒界酸化層を低減させるためにSi、Pを低減し、Pの粒界偏析を抑制して粒界強度を高めて不完全焼入層を出現しにくくするMoを添加し、焼入性を向上させて粒内の強度を増加するNiを添加するようにした歯車用鋼もあった。

さらに、歯車類の素材面からの改良に加えて、最近ではショットピーニングによる高強度化の手法が多く採用されている。この手法は、ショットピーニングを施すことによって残留オーステナイトを加工誘起マルテンサイトに変態させることにより被ショットピーニング部に残留応力を付与するようにしたものであって、この残留応力が負荷応力を緩和する働きをなすため、疲れ限度が著し

く向上する。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上記したような従来の素材の選定およびショットピーニングの実施による高強度化をはかった歯車類にあっては、歯元の疲労強度は著しく強化されるものの、相対的に歯面の強度が低下するため、破壊の起点が歯面側に移行し、歯車の寿命が歯面のピッチング寿命およびフレーキング寿命に律速されるようになってしまうという問題点があった。

そして、ピッチング寿命を向上させるためには、焼もどし軟化抵抗を高めるSiの添加が通常の場合に有効であるが、通常のスラグ炭において粒界酸化層の生成を助長させて、歯元疲労強度を低下させるため、Siの添加はむしろ逆効果になるといった問題点があった。

そのため、従来の高強度歯車用鋼素材の選定とショットピーニングの実施との組み合わせによる歯車の疲労強度向上には限界があるという課題があった。

(発明の目的)

本発明は、上述した従来の課題にかんがみてなされたものであって、とくに、ピッチング寿命等の面圧疲労強度が高く、かつまた、歯元疲労強度が高く、強靱で信頼性の高い高面圧歯車を提供することを目的としている。

【発明の構成】

(課題を解決するための手段)

本発明に係わる高面圧歯車は、重量%で、C:0.10~0.30%、Si:0.25~1.50%、Mo:0.2~2.0%、P:0.015%以下、S:0.020%以下、Cr:2.0%以下、Mn:0.2~1.0%、Si+Mo:0.6~2.0%、Al:0.010~0.060%、N:0.005~0.025%、O:0.0015%以下、残部Feおよび不純物よりなる鋼を素材とし、ブラズマ炭素もしくは真空炭素により炭素処理した表面にアーケハイトが0.4mmA以上のショットピーニングが施されている構成としたことを特徴

としており、必要に応じて、素材中に、焼入性向上元素として、Ni:4.0%以下を含有している構成とし、同じく必要に応じて、素材中に、結晶粒微細化元素として、Nb:0.006~0.050%、V:0.05~0.30%、Ta:0.003~0.025%、Zr:0.003~0.025%のうちから選ばれる1種または2種以上を含有している構成とし、同じく必要に応じて、素材中に、被削性向上元素として、B:0.001~0.030%を含有している構成としたことを特徴としており、上記した高面圧歯車の構成を前述した従来の課題を解決するための手段としている。

次に、本発明に係わる高面圧歯車の成分組成(重量%)ならびに炭素およびショットピーニング条件の限定理由について説明する。

C:0.10~0.30%

Cは歯車の強度を確保するのに有用な元素であるが、0.10%よりも少ないと強度の低下を招くので好ましくなく、0.30%を超えると鋼

性の劣化を招くので、C含有量は0.10～0.30%の範囲とした。

Si: 0.25～1.50%

Siはピッチング寿命等の面圧疲労強度を向上させるために焼もどし軟化抵抗性を高めるのに有用な元素であるが、0.25%よりも少ないと十分な焼もどし軟化抵抗性を得ることができなくなるので好ましくなく、1.50%を超えると靱性の劣化を招くので、Si含有量は0.25～1.50%の範囲とした。

Mn: 0.2～2.0%

Mnは鋼溶製時の脱酸および脱硫元素として有用であると共に焼入性の向上にも寄与する元素であるが、0.2%よりも少ないと前記した脱酸および脱硫作用が十分に得られないと共に焼入性の向上効果も小さなものとなるため好ましくなく、2.0%を超えると靱性の劣化を招くと共に、不純物元素の粒界への偏析を助長することとなるので、Mn含有量は0.2～2.0%の範囲とした。

きなくなるので好ましくなく、1.0%を超えると焼入性向上の効果が飽和するので、Mo含有量は0.2～1.0%の範囲とした。

Si + Mo: 0.6～2.0%

SiおよびMoは、前記したように、ピッチング寿命等の面圧疲労強度を向上させるために、焼もどし軟化抵抗を大きくする合金成分として添加させるものであり、SiとMoによる焼もどし軟化抵抗増大の効果は同程度であって、このような効果を得るためにはSiとMoの合計量を0.6%以上とすることが必要である。しかし、多すぎるとAc₁変態点の上昇を招き、殺炭処理時にフェライトを生成しやすくなって、不完全焼入層が形成されやすくなるので、SiとMoの合計量は2.0%以下とすることが必要である。

Al: 0.010～0.060%

Alは鋼溶製時の脱酸剤として作用すると共に、結晶粒を微細化させ、クラック伝播の抵抗を増大させて、殺炭層の靱性を増加させるのに有用な元素であるが、0.010%よりも少ないと脱

P: 0.015%以下

Pはオーステナイト粒界に偏析して粒界を脆化させることにより靱性を劣化させるので、0.015%以下とした。

S: 0.020%以下

SはMnSを形成して靱性を劣化させるので、0.020%以下とした。

Cr: 2.0%以下

Crは焼入性を向上させるのに有用な元素であるが、多すぎると靱性を劣化させると共に冷間鍛造性の劣化を招くこととなるので、2.0%以下とした。

Mo: 0.2～1.0%

MoはPの粒界偏析を抑制して粒界強度を高め、また、焼入性を十分なものにすると共に焼もどし軟化抵抗性を高めて靱性を向上させ、ピッチング寿命等の面圧疲労強度を向上させるのに有用な元素であるが、0.2%よりも少ないとPの粒界偏析の抑制作用が十分でなくなると共に十分な焼入性や焼もどし軟化抵抗性を確保することがで

難や結晶粒微細化の作用が小さくなるので好ましくなく、0.050%よりも多いと地氈の発生を招くこととなるので、Al含有量は0.010～0.060%の範囲とした。

N: 0.005～0.025%

Nは上記Alと共にAlNによる結晶粒の微細化に有用な元素であると共に、Bを添加した場合のBNによる被靱性の向上に有用な元素であるが、0.005%よりも少ないと前記AlNによる結晶粒の微細化作用やBNによる被靱性の向上作用が十分なものとなりがたいので好ましくなく、0.025%より多くしても効果が飽和すると共に鋼の製造性を低下させ、地氈の発生を招くので、N含有量は0.005%～0.025%の範囲とした。

O: 0.0015%以下

O含有量が多すぎると疲労起点となるAl₂O₃の生成を招くので、0.0015%以下とした。

Ni: 4.0%以下

Niは焼入性を向上させて結晶粒内の強度を増加させるのに有用な元素であるので、必要に応じて添加するのによいが、多すぎても焼入性向上の効果は飽和すると共にかえってPの粒界偏析を助長するので、含有させるとしても4.0%以下とすることが必要である。

Nb:0.006~0.050%, V:0.05~0.30%, Ta:0.003~0.025%, Zr:0.003~0.025%のうちから選ばれる1種または2種以上

Nb, V, Ta, Zrは結晶粒を微細化して靱性を向上させるのに有用な元素であるので、これらの1種または2種以上を必要に応じて添加するのによいが、しかし、Nbが0.006%未満、Vが0.05%未満、Taが0.003%未満、Zrが0.003%未満であると上記した結晶粒の微細化作用は十分に得られなくなるので好ましくなく、反対にNbが0.050%を超え、Vが0.30%を超え、Taが0.025%を超え、Zrが0.025%を超えると炭窒化物が粗大化

のとなり、焼炭後のショットピーニング効果も低下するので、焼炭処理としては粒界酸化層を生成しないプラズマ焼炭もしくは真空焼炭を実施することとした。

これらのプラズマ焼炭や真空焼炭ではSi含有量が多いときでも粒界酸化層が全く認められないものとなるので、この後に実施されるショットピーニングによる強化が著しく有効に作用するものとなる。

ショットピーニング:アークハイトが0.4mmA以上

焼炭処理後に実施されるショットピーニングは、歯車の歯元疲労強度のみならずピッチング寿命等の面圧疲労強度を向上させるのに有効であることが判明したので、このような効果を得るためにアークハイトが0.4mmA以上のショットピーニングを実施することとした。

本発明に係わる高面圧歯車は、上述した組成の歯車用鋼を素材とするものであり、このような組成の歯車用鋼を素材として歯車を製作する場

合に結晶粒微細化の効果が消失するので、含有させるとしても上述した各範囲内の1種または2種以上とする必要がある。

B:0.010~0.030%

Bは鋼中のNと結合してBNを形成することにより被削性を向上させるのに有効な元素であるので、被削性のより一層の向上が望まれる場合には必要に応じて含有させるのによいが、しかし、0.001%よりも少ないと被削性向上の効果が小さく、0.030%を超えると機械的性質が劣化するので、含有させるとしても0.001~0.030%の範囲とする必要がある。

焼炭処理:プラズマ焼炭もしくは真空焼炭

本発明に係わる高面圧歯車では、ピッチング寿命等の面圧疲労強度を向上させるために、焼もどし軟化抵抗を高める合金成分としてSiおよびMoを添加しているが、Siの添加により通常のガス焼炭では粒界酸化層がより多く形成されてこの粒界酸化層が疲労起点となることにより曲げ疲労強度が低下することとなって靱性が劣化したも

合に機械加工を行うに際しては、従来既知の技術に従って行えばよいが、ショットピーニングによる表面粗さを除去するために、研削やホーニング等の加工を行うことも必要に応じて望ましい。

また、焼炭処理として真空焼炭を用いる場合には、高温の熱処理であって結晶粒が粗大化しやすいことを考慮して、Al, NのみならずNb, V等の結晶粒微細化元素を複合添加することにも必要に応じて望ましい。

(発明の作用)

本発明に係わる高面圧歯車は、上記の構成を有するものであり、歯車のピッチング寿命等の面圧疲労強度を向上させるために、焼もどし軟化抵抗を増大させる合金成分として、Si, Moを添加し、Siの添加により通常のガス焼炭では粒界酸化層が著しく形成されて靱性が劣化し、ショットピーニングの効果も低減するので、焼炭処理として粒界酸化層を生成しないプラズマ焼炭または真空焼炭を選定することとしてこの後にショット

ピーニングを行うようにしていることから、浸炭処理後に粒界酸化層が全く認められなくなってこの後のショットピーニングによる強化が著しく有効に作用することとなって、ピッチング寿命等の面圧疲労強度が高いものとなり、かつまた、歯元疲労強度が高いものとなって、強靱で信頼性の高い高面圧歯車となる。

(実施例)

第1表に示す発明例A～Mおよび比較例N～Sの化学成分の鋼を溶製したのち過焼して圧延し、焼ならしを施したのち各々試験片に加工して第2表に示す条件で浸炭焼入れを行った。

第 1 表

区分	符号	化学成分(重量%)												その他
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Al	N	O	Si+Mo	
発明例	A	0.18	0.44	0.58	0.009	0.009	0.01	0.98	0.41	0.022	0.007	0.0008	0.85	—
	B	0.23	1.22	0.29	0.007	0.005	3.10	0.33	0.38	0.021	0.022	0.0014	1.60	—
	C	0.28	0.27	0.33	0.005	0.001	2.01	0.29	0.79	0.017	0.011	0.0010	1.06	—
	D	0.21	0.86	0.37	0.006	0.009	0.53	0.30	0.59	0.051	0.016	0.0009	1.45	—
	E	0.23	0.51	0.60	0.007	0.005	0.02	1.03	0.31	0.039	0.013	0.0012	0.82	—
	F	0.28	0.64	0.80	0.005	0.008	0.02	0.29	0.78	0.013	0.024	0.0006	1.42	—
	G	0.15	1.04	0.25	0.009	0.008	1.00	0.01	0.82	0.023	0.019	0.0011	1.92	—
	H	0.13	0.77	0.75	0.006	0.006	0.02	1.19	0.40	0.011	0.018	0.0013	1.17	Nb:0.017
	I	0.25	1.40	0.35	0.009	0.003	2.05	0.98	0.74	0.019	0.016	0.0008	2.14	V:0.011
	J	0.23	0.65	0.65	0.004	0.005	0.02	0.98	0.38	0.024	0.014	0.0005	1.03	Ta:0.015
	K	0.14	0.25	0.74	0.009	0.007	0.01	0.98	0.41	0.021	0.013	0.0009	0.65	Zr:0.018
	L	0.21	1.03	0.76	0.006	0.009	0.12	1.10	0.39	0.020	0.019	0.0013	1.42	B:0.028
	M	0.20	1.23	0.63	0.004	0.002	0.18	0.98	0.38	0.024	0.020	0.0007	1.61	Nb:0.006 B:0.0080
比較例	N	0.20	0.25	0.75	0.020	0.018	0.01	1.10	0.20	0.027	0.013	0.0015	0.45	—
	O	0.22	1.02	0.73	0.020	0.025	0.02	1.02	0.21	0.018	0.011	0.0025	1.23	—
	P	0.19	0.20	0.33	0.004	0.003	0.02	0.95	0.42	0.020	0.016	0.0012	0.62	—
	Q	0.22	0.55	0.33	0.004	0.003	0.02	0.89	0.07	0.022	0.016	0.0012	0.62	—
	R	0.18	0.22	0.33	0.004	0.003	0.02	1.02	0.18	0.026	0.016	0.0012	0.40	—
	S	0.18	0.80	0.33	0.004	0.003	0.02	0.98	0.40	0.008	0.003	0.0012	1.00	—

第 2 表

なお、第1表において、発明例A～Mは本発明が適用される鋼成分範囲を満足するものであり、比較例NはJIS SCM420鋼であり、比較例OはP、S、Oの不純物が多すぎる鋼であり、比較例Pは低Si鋼であり、比較例Qは低Mo鋼であり、比較例Rは低Si+Mo鋼であり、比較例Sは低Al、N鋼である。

次いで、前記各試験片に対して第2表に示す条件で浸炭焼入れを施した。

浸炭焼入れ焼もどし条件	
浸炭	① 910℃×3hのプラズマ浸炭 ② 980℃×3hの真空浸炭 ③ 910℃×3hのガス浸炭
焼入れ焼もどし	(焼入れ) 880℃×0.5h保持 ↓ 油冷 ↓ (焼もどし) 170℃×2h保持 ↓ 空冷

続いて、前記条件で浸炭焼入れ焼もどしを施したあと第3表に示す条件でショットピーニングを行った。

次に、第4表に示す条件によりローラーピッチング試験を行って、各供試材のピッチング寿命を測定した。この結果を第6表のピッチング寿命の欄に示す。

第 3 表

ショットピーニング条件	
投射球粒径	0.8mm
投射球硬さ	HRC53
カバレッジ	300%
アークハイト	0.00～1.20mmA (第6表のアークハイトの欄に示す)

第 4 表

ローラーピッチング試験条件	
小ローラー	20D
大ローラー	130D
滑り率	40%
回転数	1580rpm

特開平4-21757(7)

また、第5表に示す仕様の歯車を作製し、これら各歯車を動力循環式歯車試験機にかけて5000rpmで動力伝達を行い、繰返し数 10^7 回まで繰返し応力を加えて、歯元応力と繰返し数との関係をS-N曲線に表わし、その限界から疲れ限度と破損応力を読み取って各歯車の疲れ強さを評価した。この結果を第6表の歯車疲れ強さの欄に示す。

さらに、前記第5表に示した仕様の歯車を計装化歯車衝撃試験に固定部と回転部の一組を装着し、ハンマーにて衝撃荷重を与えてそのときの荷重値を読みとることによって各歯車の衝撃特性を調べた。この結果を第6表の歯車衝撃破断荷重の欄に示す。

第 5 表

歯車仕様	
形 状	平歯車
外 径	75mm
モジュール	2.5
歯 数	30

第 6 表

区 分	材 質	フーグハイト (mm)	ピッチング力 (kgf)	歯元破れ強さ (kgf/mm ²)	歯車衝撃破断荷重 (kgf)
実 験 例	A	0.75	6.2×10^7	92	1200
	B	0.51	6.3×10^7	77	2300
	C	1.20	$>10^8$	108	2500
	D	0.74	7.1×10^7	80	1800
	E	0.50	4.6×10^7	75	2000
	F	0.99	$>10^8$	98	1700
	G	0.50	5.9×10^7	78	1300
	H	0.92	7.9×10^7	90	1150
	I	1.10	$>10^8$	103	1050
	J	0.46	4.9×10^7	82	1300
	K	0.78	6.0×10^7	88	1300
	L	0.83	7.3×10^7	95	1200
	M	0.86	$>10^8$	96	1250
	N	0.71	1.2×10^5	84	500
	O	0.73	5.4×10^5	75	500
	P	0.72	1.4×10^6	84	1250
比 較 例	Q	0.69	2.3×10^6	86	700
	R	0.73	5.5×10^6	85	750
	S	0.72	7.3×10^7	83	500
	A ₁	0.00	1.1×10^5	55	1350
	A ₂	0.30	1.3×10^5	68	1250
	A ₃	0.42	5.1×10^6	47	300

第6表に示すように、本発明例A～Mでは、ピッチング寿命が大きく、歯車疲れ強さが大であると共に、歯車衝撃破断荷重も大きな値を示すことが認められ、強靱で信頼性の高い高面圧歯車となっていることが確かめられた。

これに対して、従来のJIS SCM420鋼を素材とした比較例Nでは本発明と同様のプラズマ浸炭およびショットピーニングを施してはいるもののいずれの特性も低い値を示していた。また、不純物含有量の多い比較例Oにあってもいずれの特性も低いものとなっておりとくにA₂、O₂が多量に存在するため転動寿命、ピッチング寿命が低く、Pの粒界酸化偏析のために衝撃値も低いものとなっていた。

さらに、低Siの比較例P、低Moの比較例Q、低Si+Moの比較例Rにおいては焼もどし軟化抵抗が低いため転動中に発生する熱による軟化が原因で転動寿命が低いものとなっており、低A₂、Nの比較例Sでは浸炭中に結晶粒が粗大化するため衝撃値が低いものとなってい

た。

さらにまた、比較のために、本発明が適用される第1表に示すA鋼を素材とするもののショットピーニングを行わなかった比較例A₁およびショットピーニングを行ったとしてもアークハイトが低い比較例A₂の場合は歯車衝撃破断荷重は良好な値を示すもののピッチング寿命および歯車疲れ強さは良くないものであった。

さらにまた、本発明が適用される第1表に示すA鋼を素材とするものの通常用いられるガス浸炭を施した比較例a₁では粒界酸化層が深くショットピーニングの効果が小さくなるため、いずれの特性においてもかなり劣ったものとなっていることが認められた。

【発明の効果】

本発明に係わる高面圧歯車は、重量%で、C:0.10～0.30%、Si:0.25～1.50%、Mn:0.2～2.0%、P:0.015%以下、S:0.020%以下、Cr:2.0%以下、Mo:0.2～1.0%、Si

+Mo:0.6～2.0%、A₂:0.010～0.060%、N:0.005～0.025%、O:0.0015%以下、必要に応じて、焼入性向上元素として、Ni:4.0%以下を含有し、同じく必要に応じて、結晶粒微細化元素として、Nb:0.006～0.050%、V:0.05～0.30%、Ta:0.003～0.025%、Zr:0.003～0.025%のうちから選ばれる1種または2種以上を含有し、同じく必要に応じて、被削性向上元素として、B:0.001～0.030%を含有し、残部Feおよび不純物よりなる鋼を素材とし、プラズマ浸炭もしくは真空浸炭により浸炭処理した表面にアークハイトが0.4mmA以上のショットピーニングが施されている構成としたことから、ピッチング寿命等の面圧疲労強度が高く、かつまた、歯元疲労強度が高く、強靱で信頼性の高い高面圧歯車であるという著しく優れた効果がもたらされる。